

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-018784

(43)Date of publication of application : 22.01.1992

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 02-032134

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 13.02.1990

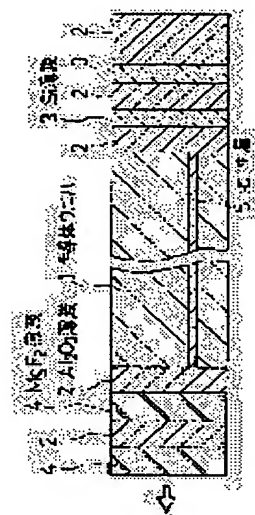
(72)Inventor : WATANABE YASUMASA

(54) PROTECTIVE FILM FOR SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a film to possess an expected refractive index formed through a simple method by a method wherein Al_2O_3 and MgF_2 are laminated in four layers on the light emission face of a laser element, where each of the laminated films is as thick as $\lambda/4n$, and Al_2O_3 and Si are formed in five layers on the opposite face of the laser element, where the four layers out of the five layers are all $\lambda/4n$ in thickness and the fifth layer is formed as thick as $\lambda/2n$.

CONSTITUTION: Al_2O_3 ($n=1.62$) of high refractive index and MgF_2 ($n=1.38$) of low refractive index are formed in a multilayer on the front of a laser element as combined to constitute a multilayered film where each film is formed as thick as $\lambda/4n$ so as to lessen the front side of the laser element in refractive index and to absorb the refractive index change caused by the dispersion of the films concerned in thickness. A five-layered film composed of Al_2O_3 , Si, Al_2O_3 , Si, and Al_2O_3 is formed on the rear side of the laser element, where the outermost layer is formed as thick as $\lambda/2n$ and each of the rest is formed $\lambda/4n$ in thickness. That is, a single layer of Al_2O_3 is used in place of a two-layer film composed of Si and Al_2O_3 and has an equivalent effect. That is, by protective materials and a combination of them, the refractive index fluctuation caused by the dispersion of the films formed on the front side in thickness can be absorbed, and the multilayered film formed on the rear side is reduced in the number of layers by two as compared with a conventional one, so that a thin film having an expected refractive index can be easily formed in a simple process and a semiconductor laser of this design can be improved in productivity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-18784

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)1月22日

H 01 S 3/18

6940-4M

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体レーザー素子の保護膜

⑯ 特 願 平2-32134

⑰ 出 願 平2(1990)2月13日

⑱ 発 明 者 渡 辺 泰 正 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲ 出 願 人 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 山口 巖

明 細 書

1. 発明の名称 半導体レーザー素子の保護膜

2. 特許請求の範囲

1) リブ型構造を有する半導体レーザー素子の共振器面に形成する保護膜であって、光出射面には、半導体ウエハ側から Al_2O_3 , HgF_2 , Al_2O_3 , HgF_2 の各薄膜をこの順に4層積層膜として形成し、前記各薄膜の厚さをいずれも $\lambda/4n$ (λ : 共振波長, n : 屈折率) とし、前記光出射面と反対の面には、半導体ウエハ側から Al_2O_3 , Si , Al_2O_3 , Si , Al_2O_3 の各薄膜をこの順に5層積層膜として形成し、始めの4層の各薄膜の厚さをいずれも $\lambda/4n$, 5層目の Al_2O_3 薄膜の厚さを $\lambda/2n$ としたことを特徴とする半導体レーザー素子の保護膜。

2) 請求項1記載の保護膜として、光出射面には半導体ウエハ側から Al_2O_3 , HgF_2 の各薄膜をこの順に積層し、前記 Al_2O_3 薄膜の厚さを $\lambda/2n$, 前記 HgF_2 薄膜の厚さを $\lambda/4n$ としたことを特徴とする半導体レーザー素子の保護膜。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体レーザー素子の共振器面に形成する保護膜に関する。

(従来の技術)

半導体レーザー素子の共振器面には、ダングリングボンドや結晶格子の乱れなどに起因する界面順位が存在するので、バンドギャップは共振器内部に比べて小さくなっている。そのため共振器面近傍では、レーザー光吸収による局部的温度上昇が起こり、酸化が促進され、半導体レーザー素子は遂には破壊に至る。そこで発振効率と信頼性を高め素子の寿命を長期間保持するためには、共振器面を保護することが重要である。

そこで、通常半導体レーザー素子の両端面に、 SiO_2 や Al_2O_3 などの誘電体をスパッタ法または電子ビーム蒸着法などにより形成し、高効率でレーザー光を出射させるために光出射面側(以下フロント側とする)を低反射率とし、反対面側(以下リアー側とする)を高反射率として光を有効利用する。高出力半導体レーザー素子は SiO_2 より熱伝

導率の大きい Al_2O_3 を使うことが多い。 Al_2O_3 は電子ビーム蒸着法によりピンホールを生ずることなく、熱伝導の大きい保護膜として、緻密なアモルファス状の安定した屈折率を持つ膜を容易に得ることができる。

第4図は保護膜を備えた半導体レーザー素子の側面から見た模式断面図であり、レーザー光の出射方向を矢印で示してある。第4図においてこの素子は、化合物半導体基板上にリブ型構造となるように、各化合物半導体薄膜を積層した半導体ウエハ1のフロント側劈開面に、保護膜として Al_2O_3 薄膜2を形成し、リアー側劈開面には、 Al_2O_3 薄膜2、Si薄膜3を交互に積層して7層膜とし、7層目をSi薄膜3より酸化し難い Al_2O_3 薄膜2として形成したものである。第4図中5は活性層を示している。

第5図は、これら保護膜の光学膜厚と反射率の関係を示す線図であり、レーザー光の発振波長 $\lambda = 780nm$ 、 Al_2O_3 薄膜2の屈折率 $n = 1.62$ 、Si薄膜3の屈折率 $n = 2.7$ とし、曲線1はフロント側、

- 3 -

しかしながら、以上のように形成される半導体レーザー素子の保護膜について、なお次のような問題がある。即ち、保護膜を電子ビーム蒸着するとき、ソースの穴掘り現象、真空度の変動、基板の不均一加熱などにより、蒸着槽内で膜厚は $\pm 10\%$ の分布を持つことが避けられない。このため現状では、光学式膜厚モニターを導入し、ソースを大口径とし、ビームスキャンを行なうなどの工夫を行なって、膜厚を $\pm 5\%$ に収めている。したがって高価な光学装置を必要とし、操作が複雑になるなどの欠点があり、またSi薄膜は蒸着が難しく、成膜速度が遅いなどの点から、これを3回も積層しなければならないのは、生産性を低下させる原因となるという問題もある。

本発明は上述の点に鑑みてなされたものであり、その目的は所期の反射率を有し、簡単な方法で形成することが可能な半導体レーザー素子の保護膜を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

上記の課題を解決するために、本発明は半導体

曲線1はリアー側を要す。これら曲線に各保護膜領域に対応する材料名を付記してある。

ところで、半導体レーザー素子の反射率は、フロント側で10%程度に設定するが、第5図のように、反射率は保護膜の膜厚に関して周期性を持っており、この条件を満たすものに、 $85nm$ 、 $155nm$ などの組み合わせがある。反射率の変動によって素子の動作電流やモニターダイオードの光量が変化するもので、歩留まりを上げるためにも反射率は $10 \pm 3\%$ 以内にすることが望ましい。そのため Al_2O_3 薄膜2の膜厚を $155 \pm 8nm$ に制御する必要がある。膜厚のばらつきを $\pm 10\%$ ($155 \pm 15nm$) とすると、反射率は5~16%まで変動する。

一方リアー側の反射率は、光の利用効率をあげるため、90%程度に設定するのが好ましい。反射率をこれ以上大きくすると、レーザー光制御用のモニターダイオードの光量が減少し制御性が悪くなる。リアー側は前述の7層膜のそれぞれの膜厚を $\lambda/4n$ にして、90%の反射率を得ている。

(発明が解決しようとする課題)

- 4 -

レーザー素子の両共振器面、即ち光出射面とその反対面に設ける保護膜を、光出射面には、半導体ウエハ側から Al_2O_3 、 $HgPz$ 、 Al_2O_3 、 $HgPz$ の各薄膜をこの順に4層積層膜として形成し、各薄膜の厚さをいずれも $\lambda/4n$ (λ : 発振波長、 n : 屈折率) とし、または半導体ウエハ側から Al_2O_3 、 $HgPz$ の各薄膜をこの順に積層して、 Al_2O_3 薄膜の厚さを $\lambda/2n$ 、 $HgPz$ 薄膜の厚さを $\lambda/4n$ として形成し、光出射面と反対側の面には、半導体ウエハ側から Al_2O_3 、Si、 Al_2O_3 、Si、 Al_2O_3 の各薄膜をこの順に5層積層膜として形成し、始めの4層の各薄膜の厚さをいずれも $\lambda/4n$ 、5層目の Al_2O_3 薄膜の厚さを $\lambda/2n$ としたものである。

(作用)

本発明の保護膜は、上記のように構成したために、厚さ $\lambda/4n$ の薄膜は例えば第5図の曲線において、反射率の極大または極小値を与える。この曲線上の谷部や山部における膜厚10%の変動に対して、反射率の変化は余り効かない。膜厚変動によって反射率が変わらないように保護膜材料を組

アイP10

- 5 -

み合わせることができ、フロント側は高屈折率物質である Al_2O_3 ($n = 1.62$) と低屈折率物質である HgF_2 ($n = 1.38$) を組み合わせて反射率を下けている。フロント側を厚さ $\lambda/4n$ の繰り返し多層膜とすることにより、膜厚のばらつきによる反射率変化を吸収することができる。またリアー側は、従来より2層少ない Al_2O_3 , Si , Al_2O_3 , Si , Al_2O_3 の5層構造で最外層を $\lambda/4n \times 2 = \lambda/2n$ としてあり、即ち Si , Al_2O_3 の2層膜を Al_2O_3 の単層膜で代替し、同等の効果を得ることができる。

(実施例)

以下、本発明を実施例に基づき説明する。

第1図は、本発明による保護膜を備えた半導体レーザー素子の側面からみた模式断面図であり、第4図と共通部分を同一符号で表わし、レーザー光の出射方向を矢印で示してある。第1図が第4図と異なる所は、フロント側の保護層は、半導体ウエハ側から Al_2O_3 薄膜2、 HgF_2 薄膜4、 Al_2O_3 薄膜2、 HgF_2 薄膜4をこの順に4層積層膜として形成し、リアー側の保護層は、半導体ウエハ側か

ら Al_2O_3 薄膜2、 Si 薄膜3、 Al_2O_3 薄膜2、 Si 薄膜3、 Al_2O_3 薄膜2の5層積層膜として形成したものである。第3図は第5図に倣ってこれら保護層の膜厚と反射率の関係線図を示したものである。第3図の曲線①はフロント側、曲線②はリアー側を表わす。これら保護層は次のようにして形成することができる。例えば化合物半導体基板上に、リブ型構造となるように各化合物半導体薄膜を形成した活性層2を有する半導体ウエハ1を劈開装置により劈開し、長さ20mmのバー状に成形した後、このバーを劈開面が現われるように並べる。そしてフロント側には、電子ビーム蒸着により Al_2O_3 薄膜2を120nm、 HgF_2 薄膜4を141nm、 Al_2O_3 薄膜2を120nm、 HgF_2 薄膜4を141nm順次形成し、リアー側には Al_2O_3 薄膜2を120nm、 Si 薄膜3を72nm、 Al_2O_3 薄膜2を120nm、 Si 薄膜3を72nm、 Al_2O_3 薄膜2を240nmこの順に5層積層膜として形成する。このときの蒸着速度は Al_2O_3 薄膜2を5Å/s、 HgF_2 薄膜4を5Å/s、 Si 薄膜3を1Å/sとし、屈折率は Al_2O_3 薄膜2は1.62、 HgF_2 薄膜4は1.38、 Si 薄膜3

- 8 -

3は2.7が得られた。反射率は同時に蒸着したGaAs試料を分光器により測定した。

また、以上と同様の薄膜形成方法により、保護膜としてフロント側に Al_2O_3 薄膜2を240nm、 HgF_2 薄膜4を142nm形成した素子の模式断面図を第2図に示し、その膜厚と反射率の関係線図を第3図中の曲線①として併記してある。この場合のリアー側の保護層は第1図の構成と全く同じ5層であり、第3図では曲線②で示している。

このようにして得られた保護膜を持つ半導体レーザー素子について、第1図の保護膜構成では試料数10個でフロント側(第3図曲線①)の反射率平均値は9.4%、誤差は+2.4%、-3.5%が得られ、9個の試料が10±3%の設定範囲に収まっている。リアー側(第3図曲線②)の反射率平均値は85.4%、誤差は+2.1%、-4.8%が得られた。目標の90%にはやや及ばないが、性能上は従来の7層積層膜とならぬ遜色がない。

第2図の保護膜構成を持つ素子では、試料数10個でフロント側(第3図曲線①)の反射率平均値

は11.2%、誤差は+3.2%、-2.0%が得られ、8個の試料が10±3%の設定範囲に収まった。またリアー側(第3図曲線②)の反射率平均値は85.4%、ばらつきは+1.9%、-3.7%である。

以上のようにより、第1図の保護膜構成を持つ素子は、フロント側の反射率の実測値が9.4%と設定値よりやや小さく、第2図の保護膜構成を持つ素子は、フロント側の反射率の実測値が11.2%と若干大きくなるものの、いずれも製造工数の短縮による生産性向上の利点が多い。

(発明の効果)

半導体レーザー素子の共振器面に設ける保護膜を形成するとき、厚膜を制御し、反射率の変動を抑えるのが難しかったが、本発明によれば、保護膜材料とその組み合わせを適当に定め、フロント側の膜厚を $\lambda/4n$ の繰り返し多層膜として、膜厚のばらつきによる反射率の変動を吸収し、リアー側は最外層の膜厚を $\lambda/2n$ として従来より2層少ない構造としたために、光学式の計測器などを用いることなく、簡単な操作で所定の反射率を持つ

薄膜の形成が可能となり、半導体レーザー素子の生産性の向上に寄与する所が大きい。

4. 図面の簡単な説明

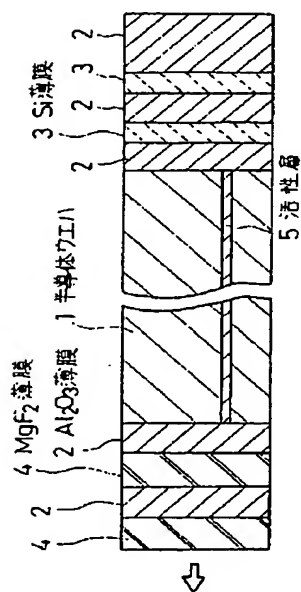
第1図は、本発明の保護膜を備えた半導体レーザー素子の側面からみた模式断面図、第2図は第1図とは異なる構成の本発明の保護膜を備えた半導体レーザー素子の側面からみた模式断面図、第3図は本発明の保護膜の光学膜厚と反射率の関係を示す線図、第4図は従来の保護膜を備えた半導体レーザー素子の側面からみた模式断面図、第5図は従来の保護膜の光学膜厚と反射率の関係を示す線図である。

1 : 半導体ウエハ、2 : Al_2O_3 薄膜、3 : Si 薄膜、4 : MgF_2 薄膜、5 : 活性層。

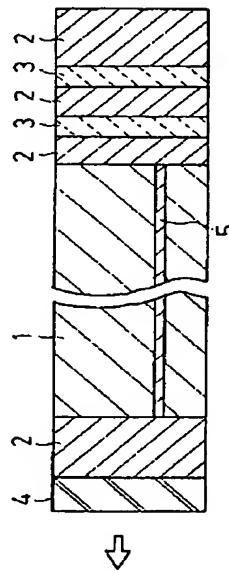
代理人 佐藤 山 口 最



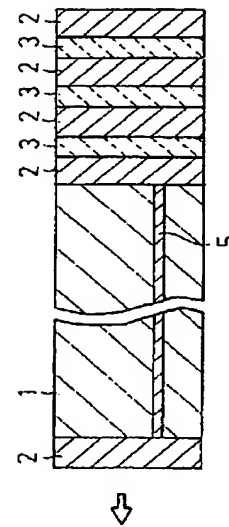
- 11 -



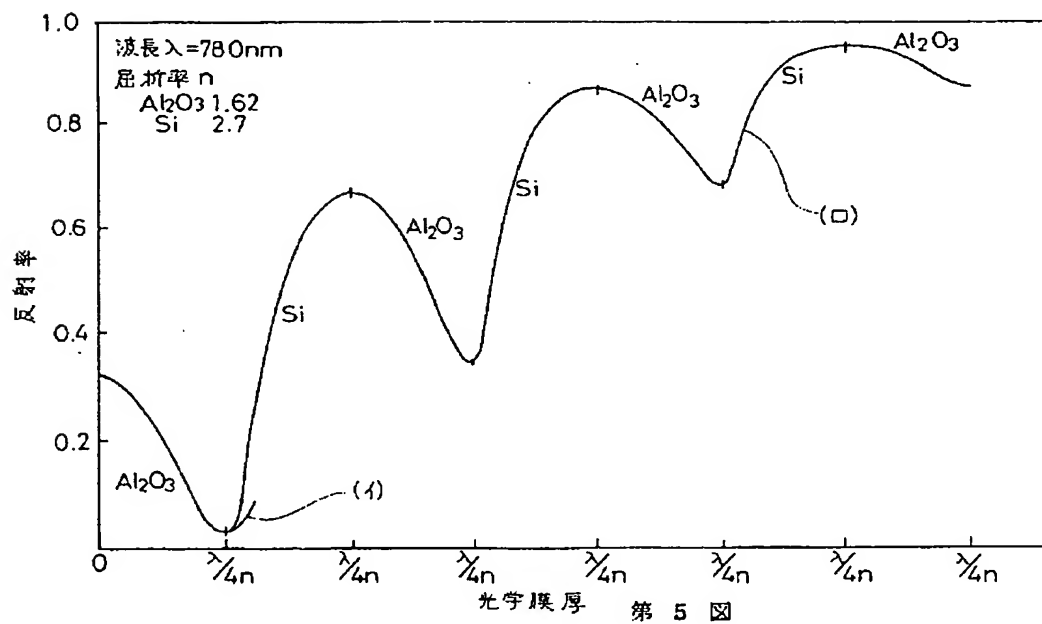
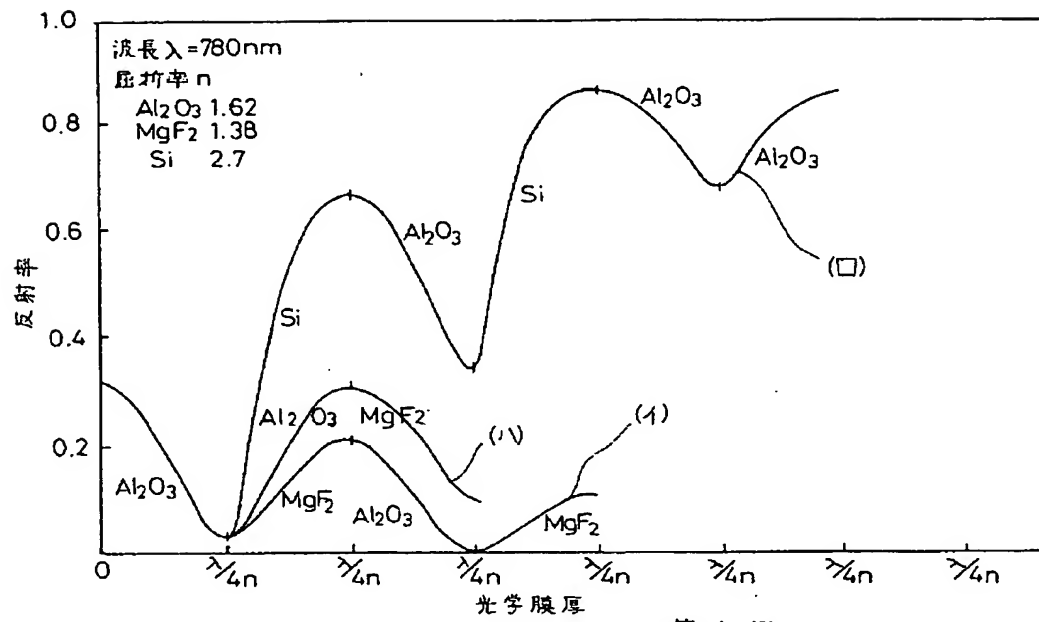
第1図



第2図



第4図



手続補正書（方式）

平成 3年 9月 3日

特許庁長官殿



1. 事件の表示

平成 3年 特許願 第 32134号

2. 発明の名称

半導体レーザー素子の保護膜

3. 補正をする者

事件との関係

特許出願人

住所

川崎市川崎区田辺新田1番1号

名称

(523) 富士電機株式会社

4. 代理人

住所

川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社 内

氏名

(7516) 非理士 山口 慶



5. 補正命令の日付

平成 3年 8月27日（発送日）

6. 補正の対象

明細書の「発明の名称」の欄

7. 補正の内容

明細書の発明の名称に「半導体レーザー素子の保護膜」とあるを「半導体レーザー素子の保護膜」と補正する。

